

OPTICAL WAVELENGTH CONVERTER

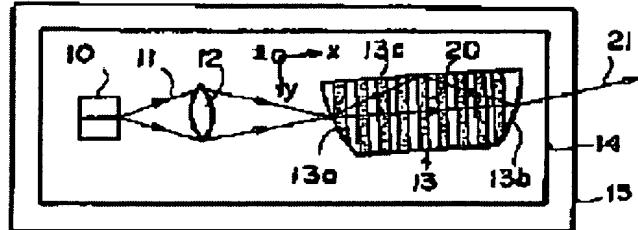
Patent number: JP6265951
Publication date: 1994-09-22
Inventor: HIUGA HIROAKI; OKAZAKI YOJI
Applicant: FUJI PHOTO FILM CO LTD
Classification:
- international: G02F1/37; G02F1/35
- european:
Application number: JP19930050736 19930311
Priority number(s): JP19930050736 19930311

[Report a data error here](#)

Abstract of JP6265951

PURPOSE: To improve the yield of semiconductor laser selection to reduce the cost of an optical wavelength converter by extending the temperature allowable range for phase matching between a fundamental wave and a wavelength conversion wave with respect, to the optical wavelength converter consisting of a semiconductor laser, an optical wavelength converting element, and a temperature control means common to them.

CONSTITUTION: A periodic domain inversion structure 20 is provided as an optical wavelength converting element 13 in the optical wavelength converter consisting of a semiconductor laser 10 as a fundamental wave light source, the optical wavelength converting element 13 which constitutes a monolithic external resonator to allow a laser beam 11 emitted from the semiconductor laser 10 to resonate and converts the wavelength of the laser beam 11, and a common temperature control means which controls the temperatures of the optical wavelength converting element 13 and the semiconductor laser 10. This periodic domain inversion structure 20 is introduced to use a diagonal term of a nonlinear optical constant, thus extending the temperature allowable range for phase matching.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-265951

(43)公開日 平成6年(1994)9月22日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 F 1/37
1/35

識別記号

府内整理番号
9316-2K
9316-2K

F I

技術表示箇所

(21)出願番号 特願平5-50736

(22)出願日 平成5年(1993)3月11日

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全5頁)

(71)出願人 000005201

富士写真フィルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 日向 浩彰

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フィルム株式会社内

(72)発明者 岡崎 洋二

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フィルム株式会社内

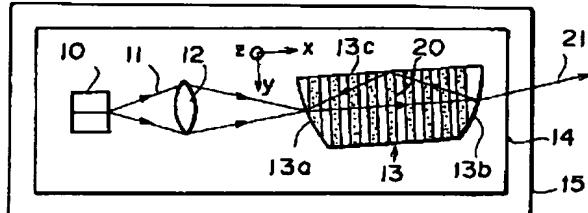
(74)代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54)【発明の名称】 光波長変換装置

(57)【要約】

【目的】 半導体レーザーと、この半導体レーザーから発せられたレーザービームを共振させるモノリシック外部共振器を構成するとともに該レーザービームを波長変換する光波長変換素子と、それら共通の温度調節手段とからなる光波長変換装置において、基本波と波長変換波とを位相整合させる上での温度許容範囲を広げて半導体レーザーの選別の歩留まりを向上させ、それにより光波長変換装置のコストダウンを実現する。

【構成】 光波長変換素子13として、周期ドメイン反転構造20を有するものを用いる。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基本波光源としての半導体レーザーと、この半導体レーザーから発せられたレーザービームを共振させるモノリシック外部共振器を構成するとともに該レーザービームを波長変換する光波長変換素子と、この光波長変換素子および前記半導体レーザーを温度調節する共通の温度調節手段とからなる光波長変換装置において、前記光波長変換素子として周期ドメイン反転構造を有するものが用いられたことを特徴とする光波長変換装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、基本波を第2高調波等に波長変換する光波長変換装置、特に詳細には、半導体レーザーと光波長変換素子との組合せからなる光波長変換装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、非線形光学材料を利用して、レーザービームを第2高調波等に波長変換（短波長化）する試みが種々なされている。このようにして波長変換を行なう光波長変換素子として具体的には、パルク結晶型のものや、光導波路型のもの等が知られている。またこの種の光波長変換素子は、半導体レーザーから発せられたレーザービームを波長変換するために、半導体レーザーと組み合わせて用いられることが多い。

【0003】 このように基本波光源としての半導体レーザーと光波長変換素子とを組み合わせてなる光波長変換装置の1つとして、光波長変換素子を、半導体レーザーから発せられたレーザービームを共振させるモノリシック外部共振器を構成するように形成するとともに、この光波長変換素子および半導体レーザーを共通の温度調節手段によって温度調節するようにしたものが知られている。このような光波長変換装置において、従来はすべて、光波長変換素子の非線形光学定数の非対角項を利用していた。そこで、基本波と波長変換波とを位相整合させるためには、光波長変換素子を形成する非線形光学材料の結晶を特定の方位で切り出していわゆる角度位相整合を取るか、あるいは、光波長変換素子を特定の温度に温度調節していわゆる温度位相整合を取るようにしてい*

$$\Delta c = 2\pi / \{ \beta(2\omega) - 2\beta(\omega) \} \quad \dots \dots (1)$$

ただし $\beta(2\omega)$ は第2高調波の伝搬定数

$2\beta(\omega)$ は基本波の伝搬定数

で与えられるコヒーレント長 Δc の整数倍になるように設定することで、基本波と第2高調波との位相整合（いわゆる疑似位相整合）を取ることができる。非線形光学材料のパルク結晶を用いて波長変換する場合は、位相整合する波長が結晶固有の特定波長に限られるが、上記の方法によれば、任意の波長に対して(1)を満足する周期 Δ を選択することにより、効率良く位相整合を取ることが可能となる。

*た。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、これらの位相整合を果たすまでの温度許容範囲は非常に狭く、したがって、上述のように光波長変換素子と半導体レーザーとを共通の温度調節手段によって温度調節する場合は、半導体レーザーの発振波長を位相整合波長に一致させることができ困難であった。このような事情があるため従来は、発振波長が位相整合波長と一致する半導体レーザーを選別して使用していたので、この種の光波長変換装置は製造コストがかなり高くつくものとなっていた。

10

【0005】 本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、半導体レーザーと、光波長変換素子と、それら共通の温度調節手段とからなる光波長変換装置において、基本波と波長変換波とを位相整合させるまでの温度許容範囲を広げて半導体レーザーの選別の歩留まりを向上させ、それにより光波長変換装置のコストダウンを実現することを目的とするものである。

20

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明による光波長変換装置は、上述のように基本波光源としての半導体レーザーと、この半導体レーザーから発せられたレーザービームを共振させるモノリシック外部共振器を構成するとともに該レーザービームを波長変換する光波長変換素子と、この光波長変換素子および上記半導体レーザーを温度調節する共通の温度調節手段とからなる光波長変換装置において、上記光波長変換素子として周期ドメイン反転構造を有するものが用いられたことを特徴とするものである。

30

【0007】

【作用および発明の効果】 上記の周期ドメイン反転構造とは、非線形光学効果を有する強誘電体の自発分極（ドメイン）を周期的に反転させた構造であり、このような周期ドメイン反転構造を設けた光波長変換素子を用いて、基本波を第2高調波に波長変換する方法が既に Bleombergen らによって提案されている（Phys. Rev., vol. 127, No. 6, 1918 (1962) 参照）。この方法においては、ドメイン反転部の周期 Δ を、

50 【0009】

【数1】

$$\frac{d ne^{\omega}}{dT} \quad \text{と} \quad \frac{d ne^{z\omega}}{dT}$$

【0010】の差による位相不整合が生じ難いためである。

【0011】以上のようにして、基本波と波長変換波とを位相整合させる上での温度許容範囲が広くなれば、発振波長が位相整合波長と一致する半導体レーザーとして、より広い発振波長範囲内にあるものが使用可能となる。そうであれば、半導体レーザーの選別の歩留まりが向上し、それにより光波長変換装置のコストダウンが実現される。

【0012】

【実施例】以下、図面に示す実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。図1と図2はそれぞれ、本発明の第1実施例による光波長変換装置の平面形状、側面形状を示すものである。この光波長変換装置は、基本波光源としての半導体レーザー10と、この半導体レーザー10から発散光状態で発せられたレーザービーム(基本波)11を収束させる集光レンズ12と、バルク結晶型の光波長変換素子13と、以上の各要素10、12および13を載置、固定したペルチェ素子14と、このペルチェ素子14が取り付けられた放熱用ヒートシンク15とから構成されている。

【0013】半導体レーザー10は発振波長 $\lambda_1 = 860 \text{ nm}$ の単一縦横モードレーザーで、その出力は100 mWである。一方光波長変換素子13は強誘電体の非線形光学材料であるLiTaO₃ (LT) の結晶からなり、図3と図4に詳しい平面形状、側面形状を示す通り、長さ7mm、厚さ2.0 mm、幅3.5 mmに形成され、そしてその光入射端面13aおよび光出射端面13bは曲率半径5mmの円弧面に、側端面13cは平坦面に研磨されている。またこの光波長変換素子13には、周期 $\Lambda = 3.8 \mu\text{m}$ の周期ドメイン反転構造20が設けられている。

【0014】上記構成の光波長変換素子13は、例えば以下のようにして作成することができる。まず、単分極化処理がなされたLTの単結晶基板(z板)を用意し、そこに電子ビーム描画装置により電子線を照射して所定の周期パターンを描画し、電子線照射部のLTの自発分極を反転させて、周期ドメイン反転構造20を形成する。次いで端面13a、13bおよび端面13cを上記の通りの形状に研磨加工し、また端面13aと端面13bには、波長860 nmおよび430 nmの光に対して下記の特性となるコーティングを施して光波長変換素子13を得る。

【0015】

	860 nm	430 nm
端面13a	90%反射	99%反射
端面13b	99.9%反射	95%透過

半導体レーザー10から発せられた基本波であるレーザービーム11は、集光レンズ12により光波長変換素子13の内

部で収束するように集光されて、該端面13aから光波長変換素子13内に入射する。なおこの際、LTの非線形光学定数の対角項の1つである d_{33} を利用するため、レーザービーム11の直線偏光の向きを、LT結晶のz軸方向に合わせる。また、半導体レーザー10と光波長変換素子13は、共通のペルチェ素子14およびその駆動回路(図示せず)により、所定温度に温度調節される。

【0016】光波長変換素子13内に入射した波長 $\lambda_1 = 860 \text{ nm}$ のレーザービーム11は、この素子13の端面13b、13cおよび13aで次々に反射してリング状光路を辿り、共振して高強度になった状態で周期ドメイン反転構造20を通過する。このレーザービーム11は光波長変換素子13により、波長 $\lambda_2 = \lambda_1 / 2 = 430 \text{ nm}$ の第2高調波21に変換される。この第2高調波21とレーザービーム11は、周期ドメイン反転構造20において位相整合(疑似位相整合)する。このようにして得られた第2高調波21は、直線偏光の向きがLT結晶のz軸方向と一致したものとなり、それらの大部分(95%)が端面13bを透過して光波長変換素子13外に出射する。本実施例では、半導体レーザー10の出力が100 mWのとき、20mWの第2高調波21が得られた。

【0017】なお光波長変換素子13は上述の通りモノリシック・リング共振器を構成しているが、このリング共振器においては、周期ドメイン反転構造20等における反射により、逆回りリング光が生じる。この逆回りリング光は半導体レーザー10に戻るので、いわゆる光フィードバックがかかり、その発振波長が、リング共振器の共振波長にロックされる。

【0018】本実施例においては、第2高調波21とレーザービーム11とを位相整合させる上での光波長変換素子13の温度許容範囲は土約3°Cである。そこで、半導体レーザー10の設定温度も概ね土3°Cの範囲で調整可能となり、その発振波長の温度依存性が0.3 nm/°Cであるとすれば、この半導体レーザー10として、発振波長が860 nm±0.9 nmの範囲にあるものが広く使用できることになる。そうであれば、半導体レーザー10の選別の歩留まりが向上し、それにより光波長変換装置のコストダウンが実現される。

【0019】次に、図5を参照して本発明の第2実施例について説明する。なおこの図5において、図1、2中の要素と同等のものには同番号を付してあり、それについての重複した説明は省略する。この第2実施例の光波長変換装置は、第1実施例の装置と比較すると、バルク結晶型光波長変換素子13に代えて導波路型光波長変換素子30が用いられている点のみが異なる。この導波路型光波長変換素子30は図6に詳しく示す通り、周期ドメイン反転構造20が形成されたLT結晶基板32に、x軸方向に延びるチャンネル導波路31が形成されてなるものである。

【0020】このチャンネル導波路31は、一例として以

下の通りにして作成することができる。第1実施例の場合と同様にしてLT結晶基板32に周期ドメイン反転構造20を形成した後、このLT基板32の-z面上に金属Taをスパッタして例えば厚さ50nmのTa薄膜を形成した後、フォトリソグラフィーとドライエッチングにより例えば幅4μmのマスクパターンを形成する。次に上記LT基板32に対して、ピロリン酸中で230℃×15分間プロトン交換処理を行ない、TaマスクをNaOHとH₂O₂の混合エッチング液で除去した後、300℃で5分間アニールし、チャンネル導波路31を作成する。次いで、こうして作成したチャンネル導波路型光波長変換素子30の光入射端面30aおよび光出射端面30bをエッジ研磨する。そしてこれらの端面30aと端面30bには、波長860nmおよび430nmの光に対して下記の特性となるコーティングが施される。

【0021】

	860 nm	430 nm
端面30a	90%反射	99%反射
端面30b	99.9%反射	95%透過

以上のようにして作成された導波路型光波長変換素子30に、半導体レーザー10から発せられたレーザービーム11を基本波として入力させる。すなわち、レーザービーム11はチャンネル導波路31のz軸方向に偏光の向きが合わせられ、集光レンズ12により集光されてチャンネル導波路31の端面において収束する。それによりレーザービーム11はチャンネル導波路31内に入射し、そこを導波する。

【0022】このレーザービーム11は、ファブリ・ペロー型外部共振器を構成する素子端面30a、30b間で共振して高強度のものとなり、チャンネル導波路31中の周期ドメイン反転構造20で位相整合して第2高調波21に波長変換される。この第2高調波21もチャンネル導波路31を導波モードで伝搬し、端面30bから効率良く出射する。出力された第2高調波21の偏光の向きもz軸方向であるので、LTの最も大きい非線形光学定数d₃₃が利用されていることになる。ここで、半導体レーザー10の出力が100mW、導波路型光波長変換素子30の長さが1mmのとき、第2高調波出力は20mWであった。

【0023】上記のような導波路型光波長変換素子30においては、第1実施例で用いられたバルク結晶型光波長変換素子13と比べると、レーザービーム11のパワー密度がより高くなるので、素子長さが僅か1mmであっても高出力の第2高調波21が得られるものとなっている。

【0024】そしてこの第2実施例においては、第2高調波21とレーザービーム11とを位相整合させる上での光波長変換素子30の温度許容範囲は土約15℃である。そこで、半導体レーザー10の発振波長の温度依存性が0.3n

m/℃あるとすれば、この半導体レーザー10として、発振波長が860nm±4.5nmの範囲にあるものが広く使用できることになる。そうであれば、半導体レーザー10の選別の歩留まりが著しく向上し、それにより光波長変換装置のコストダウンが実現される。

【0025】なお、第1実施例におけるバルク結晶型光波長変換素子13も素子長さを1mmとすれば、波長変換効率は低下するものの、第2高調波21とレーザービーム11とを位相整合させる上での温度許容範囲は上記と同様に土約15℃となり、それにより半導体レーザー10の発振波長範囲も860nm±4.5nmとなる。

【0026】また半導体レーザー10の発振波長は、その駆動電流値を変化させて調整することができ、そのような手法を採用して発振波長を制御する場合に本発明を適用することも勿論可能である。

【0027】また、本発明において用いられる非線形光学材料も前述のLTに限られるものではなく、その他例えば、LiNbO₃(LN)、MgO-LT、MgO-LN、KNbO₃、KTP、BBO、LBO等が用いられてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例による光波長変換装置の平面図

【図2】上記第1実施例装置の側面図

【図3】上記第1実施例装置に用いられたバルク結晶型光波長変換素子の平面図

【図4】上記バルク結晶型光波長変換素子の側面図

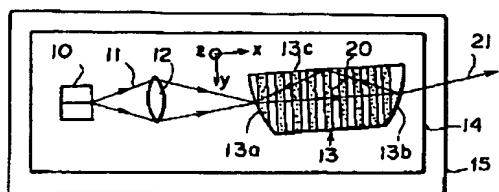
【図5】本発明の第2実施例による光波長変換装置の側面図

【図6】上記第2実施例装置に用いられた導波路型光波長変換素子の斜視図

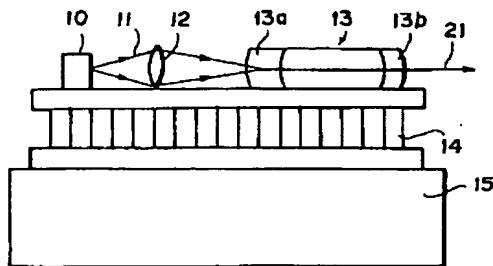
【符号の説明】

- 10 半導体レーザー
- 11 レーザービーム(基本波)
- 12 集光レンズ
- 13 バルク結晶型光波長変換素子
- 13a、13b、13c バルク結晶型光波長変換素子の端面
- 14 ペルチェ素子
- 15 ヒートシンク
- 20 周期ドメイン反転構造
- 21 第2高調波
- 30 導波路型光波長変換素子
- 30a、30b 導波路型光波長変換素子の端面
- 31 チャンネル導波路

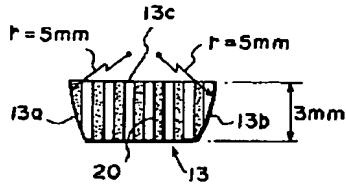
【図1】



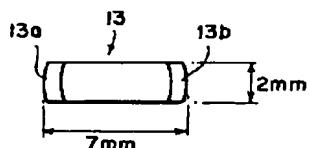
【図2】



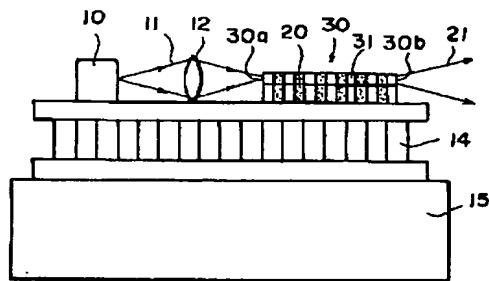
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

